

**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>H01L 41/053, 41/083</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/08330</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>18. Februar 1999 (18.02.99)</b></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE98/02061</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>22. Juli 1998 (22.07.98)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten: <b>197 33 858.5      5. August 1997 (05.08.97)      DE</b></p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacher Platz 2, D-80333 München (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>FRANK, Wilhelm [DE/DE]; Meinhardtstrasse 44, D-96049 Bamberg (DE). LEWENTZ, Günter [DE/DE]; Lärchenweg 5, D-93055 Regensburg (DE). VOIGT, Andreas [DE/DE]; Liebigstrasse 27, D-93055 Regensburg (DE).</b></p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</b></p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>

(54) Title: **PRESTRESSED PIEZOELECTRIC ACTUATOR**

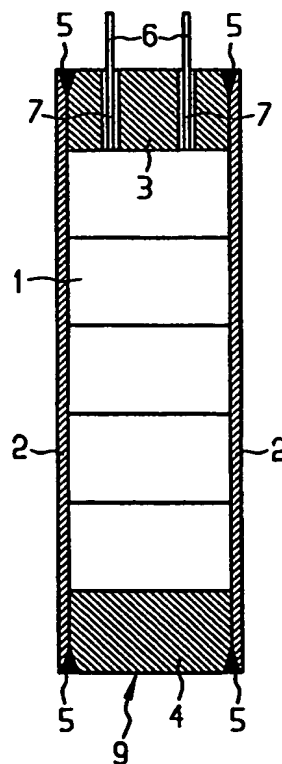
(54) Bezeichnung: **VORGESPANNTER PIEZOELEKTRISCHER AKTOR**

(57) Abstract

The invention concerns a piezoelectric actuator inserted in an elastic socket and connected prestressed with two ends thereof by force closure and /or form closure, thereby resulting in an assembly wherein the piezoelectric actuator prestress force is permanently adjusted during manufacture.

(57) Zusammenfassung

Ein piezoelektrischer Aktor wird in eine Federhülse eingeschoben und vorgespannt mit zwei Enden der Federhülse kraft- und/oder formschlüssig verbunden. Damit wird eine Baueinheit erstellt, bei der die Vorspannkraft des piezoelektrischen Aktors durch die Herstellung dauerhaft festgelegt ist.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LJ	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

## Beschreibung

## Vorgespannter piezoelektrischer Aktor

5 Die Erfindung betrifft einen vorgespannten piezoelektrischen Aktor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, Verfahren zum Herstellen eines vorgespannten piezoelektrischen Aktors gemäß dem Patentanspruch 8 und ein Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers nach Patentanspruch 10, der zum Vorspannen  
10 eines piezoelektrischen Aktors verwendet wird.

Piezoelektrische Aktoren werden beispielsweise in der Kraftfahrzeugtechnik zum Steuern eines Einspritzventiles einer Brennkraftmaschine verwendet. Die Patentanmeldung mit dem  
15 amtlichen Aktenzeichen DE 196 53 555.7 beschreibt einen piezoelektrischen Aktor, der über Federmittel gegen eine Abdeckplatte eines Gehäuses vorgespannt ist. Die Abdeckplatte ist über eine Schraubverbindung mit dem Gehäuse, in dem sich das Federmittel und der piezoelektrische Aktor befinden, ver-  
20 schraubt.

Aus DE 38 44 134 C2 ist ein Einspritzventil bekannt, das als Stellantrieb einen piezoelektrischen Aktor aufweist. Der Aktor ist in eine hohlzylindrische Feder eingebracht und wird  
25 von der Feder gegen das Gehäuse des Einspritzventiles vorgespannt. Der Aufbau des Einspritzventiles ist aufwendig und zudem ist die Vorspannung des Aktors von Fertigungstoleranzen des Gehäuses abhängig.

## 2

Die Aufgabe der Erfindung beruht darin, einen einfach aufgebauten, und vorgespannten piezoelektrischen Aktor bereitzustellen, der im Bauraum optimiert ist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung beruht darin, ein einfaches Verfahren zum Herstellen des vorgespannten piezoelektrischen Aktors und ein kostengünstiges und einfaches Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers, der zum Vorspannen des piezoelektrischen Aktors verwendet wird, bereitzustellen.

- 10 Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1, 8, und 10 gelöst. Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung beruht darin, daß der piezoelektrische Aktor von einem Hohlkörper umgeben ist und der Hohlkörper mit dem vorgespannten piezoelektrischen Aktor eine Baueinheit bildet. Die
- 15 Vorspannung des Aktors wird bei der Herstellung der Baueinheit auf Dauer festgelegt. Der Aktor muß somit nicht bei jedem Aus- und Einbau neu vorgespannt werden. Damit ist die Baueinheit montagefreundlich, wartungsarm und kostengünstig.
- 20 Vorteilhafte Ausführungen und Verbesserungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird anhand der Figuren näher erläutert; es zeigen:

- 25 Figur 1: eine erste Ausführungsform des vorgespannten piezoelektrischen Aktors,
- Figur 2: eine zweite Ausführungsform des piezoelektrischen Aktors,
- Figur 3: eine Hülse mit Querschlitzen
- 30 Figur 4: eine Hülse mit Schrägslitzen

Figur 5: eine Hülse mit einer Schrägausnehmung,

Figur 6: eine Hülse mit mehreren Schrägausnehmungen,

Figur 7: eine Hülse mit runden Ausnehmungen,

Figur 8: eine Hülse mit einer schräg verlaufenden Verbindungsnaht,

Figur 9: eine Hülse mit einer gewellten Verbindungsnaht,

Figur 10: eine Hülse mit einer geraden Verbindungsnaht,

Figur 11: eine Hülse mit einer Kreuzverbindungsnaht,

Figur 12: eine Montagevorrichtung zum Herstellen eines vorge-  
spannten Aktors und

Figur 13: eine zweite Montagevorrichtung zum Vorgespannen eines Aktors.

Figur 1 zeigt einen piezoelektrischen Aktor 1, der aus mehreren übereinander gestapelten piezoelektrischen Einzelelementen besteht. Der piezoelektrische Aktor 1 ist in eine Hohlform 2 eingebracht. Die Hohlform 2 ist beispielsweise eine Hülse mit einem kreisringförmigen Querschnitt oder ein Rechteckrohrprofil. Die Form der Hohlform 2 ist vorzugsweise an die Form des piezoelektrischen Aktors 1 angepaßt. Der piezoelektrische Aktor 1 liegt mit seinem unteren Ende an einer unteren Abdeckplatte 4 an, die kraft- und/oder formschlüssig mit der Hohlform 2 verbunden ist. In diesem Ausführungsbeispiel ist die untere Abdeckplatte 4 über eine Schweißnaht 5 formschlüssig mit der Hohlform 2 verbunden.

Das obere Ende des piezoelektrischen Aktors 1 liegt an einer oberen Abdeckplatte 3 an, die ebenfalls form- und/oder kraftschlüssig mit der Hohlform 2 verbunden ist. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Abdeckplatte 3 als eine Platte ausgebildet, die an dem oberen Ende der Hohlform 2 angebracht ist. Die Abdeckplatte 3 ist mit der Hohlform 2 verbunden, so dass sie mit dieser zusammen eine geschlossene Kammer bildet. Die Abdeckplatte 3 ist mit der Hohlform 2 verbunden, so dass sie mit dieser zusammen eine geschlossene Kammer bildet.

rungsbeispiel ist die obere Abdeckplatte 3 über eine Schweißnaht 5 mit der Hohlform 2 formschlüssig verbunden.

Die obere Abdeckplatte 3 weist Durchführungen 7 auf, durch die Kontaktstifte 6 des piezoelektrischen Aktors geführt sind. Über die Kontaktstifte 6 ist der piezoelektrische Aktor für eine Ausdehnung ansteuerbar ausgebildet. Der piezoelektrische Aktor 1 ist durch die Hohlform 2 und die untere und obere Abdeckplatte 3,4 mit einer definierten Kraft gegen eine Auslenkung vorgespannt. Dazu ist die Hohlform 2 aus einem entsprechend elastischen Material gefertigt. Bevorzugte Materialien sind Werkstoffe mit einem niedrigen Elastizitätsmodul wie z.B. Kupfer-Berillium-Legierung ( $\text{CuBe}_2$ ) und/oder mit einem hohen Festigkeitskennwert wie z.B. Federstahl.

15

Eine weitere Verbesserung der elastischen Eigenschaften der Hohlform 2 wird dadurch erreicht, daß in die Hohlform 2 Ausnehmungen eingebracht sind. Die verschiedenen Formen der Ausnehmungen werden in den Figuren 3 bis 7 näher erläutert.

20

Figur 2 zeigt einen vorgespannten piezoelektrischen Aktor 1, der entsprechend Figur 1 durch eine Hohlform 2 zwischen eine obere und eine untere Abdeckplatte 3,4 eingespannt ist. Die Verbindung zwischen der Hohlform 2 und der oberen und unteren Abdeckplatte 3,4 ist in diesem Beispiel mit Hilfe einer Bördelung ausgeführt. Dazu weisen die obere und die untere Abdeckplatte 3,4 vorzugsweise Ausnehmungen 26 auf, in die jeweils ein umgebördelter oberer und unterer Randbereich der Hohlform 2 eingreift. In einer einfachen Ausführungsform sind keine Ausnehmungen 26 vorgesehen und der obere und der untere

30

Randbereich sind einfach um die obere und um die untere Kante der oberen und der unteren Abdeckplatte 3,4 gebördelt.

Ein wesentlicher Vorteil der in Figur 1 und Figur 2 dargestellten Baueinheit, die aus der oberen und unteren Abdeckplatte 3,4, der Hohlform 2 und dem piezoelektrischen Aktor 1 aufgebaut ist, besteht darin, daß die Vorspannung des piezoelektrischen Aktors durch die feste Verbindung mit der Hohlform 2 dauerhaft festgelegt ist. Auf diese Weise muß über die gesamte Einsatzdauer des Aktors keine Nachjustierung durchgeführt werden.

Der piezoelektrische Aktor 1, die Hohlform 2 und die obere und die untere Abdeckplatte 3,4 bilden eine kompakte Baueinheit, die ohne Probleme zu transportieren ist und in einem einfachen Arbeitsvorgang in ein entsprechendes Stellglied, insbesondere in ein Einspritzventil, eingebaut werden kann. Die Baueinheit 1,2,3,4 kann aus dem Stellglied ausgebaut werden, ohne daß sich die Vorspannung des piezoelektrischen Aktors 1 ändert. Zudem ist die Fertigung der Baueinheit relativ kostengünstig.

Figur 3 zeigt eine Hohlform 2, die eine zylinderförmige Hülse darstellt, in der senkrecht zur Längsachse Querschlitz 10 eingebracht sind. Die Querschlitz 10 sind in der Anzahl und in der Länge derart ausgebildet, daß die Elastizität der Hohlform 2 an die gewünschte Funktionsweise des vorgespannten piezoelektrischen Aktors entsprechend den Figuren 1 und 2 angepaßt ist.

Figur 4 zeigt eine Hohlform 2, die eine zylinderförmige Hülse darstellt, in die schräg zur Längsachse der Hohlform 2 Schrägschlitze 11 eingebracht sind.

5 Figur 5 zeigt eine Hohlform 2, die eine zylinderförmige Hülse darstellt, in der eine Schrägausnehmung 12 eingebracht ist, die spiralförmig um die Hohlform 2 umläuft. Dabei ist mindestens ein Teil der Hohlform 2 als zylinderförmige Spirale ausgebildet.

10

Figur 6 zeigt eine Hohlform 2, die eine zylinderförmige Hülse darstellt, in die mehrere, parallel zueinander und spiralförmig zur Längsachse der Hohlform 2 angeordnete Schlitze 13 eingebracht sind. Durch die Schlitze 13 werden aus mindestens  
15 einem Teil der Hohlform 2 mehrere spiralförmige und zylinderförmige Federlemente gebildet.

Figur 7 zeigt eine Hohlform 2, die als zylinderförmige Hülse ausgebildet ist, in die kreisförmige Ausnehmungen 14 einge-  
20 bracht sind.

Die Ausnehmungen und Schlitze der Figuren 3 bis 7 sind in der Anzahl und in der Geometrie derart gewählt, daß die Elastizität der Hohlform 2 in Längsrichtung, d. h. parallel zur Auslenkungsrichtung des piezoelektrischen Aktors 1, an die ge-  
25 wünschte Funktionsweise des piezoelektrischen Aktors 1 angepaßt ist.

Die in den Figuren 3 bis 7 dargestellten Hohlformen 2 sind  
30 vorzugsweise als dünnwandige Hohlform ausgebildet, die aus



einem einfachen, dünnwandigen vorzugsweise gezogenen Rohr hergestellt werden.

Ein vorteilhaftes Verfahren zum Herstellen des Hohlkörpers 2 besteht darin, in eine Platte mit definierter Dicke und definierten Abmessungen in einem ersten Arbeitsgang Ausnehmungen und/oder Schlitze einzubringen. Die Form der Platte bietet den Vorteil, daß die Platte für die Einbringung der Ausnehmungen gut zugänglich ist und die Ausnehmungen beispielsweise durch kostengünstiges Stanzen in vielfältiger Geometrie, Anzahl und Ordnung eingebracht werden können.

Vorzugsweise wird der Randbereich einer Ausnehmung geringfügig plastisch verformt, so daß eine Verfestigung der Platte durch eine eingebrachte Druck-Eigenspannung eintritt. Eine entsprechende Verfestigung wird auch beispielsweise durch Kugelstrahlen der Randbereiche der Ausnehmung erreicht.

Dies hat besonders bei dynamischer Belastung der Hohlform 2 eine stark festigkeitssteigernde Wirkung. Dies wird beispielsweise dadurch erreicht, daß sich der Stanzstempel, mit dem die Ausnehmungen in die Platte eingebracht werden, in Stanzrichtung nach dem Stanzquerschnitt auf einen größeren Querschnitt verbreitert, so daß zuerst die gewünschte Ausnehmung aus der Platte gestanzt wird und anschließend der Randbereich der Ausnehmung verdichtet wird. Dadurch wird in den Randbereich der Ausnehmung eine Druckeigenspannung eingebracht, die eine gute Dauerfestigkeit bewirkt. Bei diesem Vorgang wird der Rand vorzugsweise in der Dicke verbreitert. Abhängig von der Art der Bearbeitung kann ein leichtes Ver-

biegen des Randes aus der Ebene der Platte heraus auftreten. Dies ist beispielsweise ein Zeichen für eine Verdichtung des Randes.

5 Die Platte wird anschließend zu der gewünschten Hohlform 2 geformt und mit einer Schweißnaht in der Hohlform 2 fixiert. Die dabei entstehende Naht wird vorzugsweise mit einem Laser geschweißt. Unstetigkeiten in der Schweißnaht werden durch eine Wärmebehandlung ausgeglichen.

10

Alternativ kann die Fixierung der Rohrform auch durch ein Verbinden der Hohlform 2 mit der oberen und der unteren Abdeckplatte 3,4 erfolgen. In diesem Fall werden die Stoßkanten, die üblicherweise verschweißt werden, nicht miteinander verbunden. Somit sind die in den Figuren 8 bis 11 dargestellten Stoßkanten, die die Nähte 15,17,16,18 bilden, in diesem Ausführungsbeispiel nicht miteinander verbunden. Damit wird eine vorteilhafte Verteilung der Druck- und Federkräfte erreicht.

20

Die Figuren 8 bis 11 zeigen verschiedene Formen von Nähten 15,16,17,18, die zwei Stoßkanten einer geformten Platte verbinden und somit die Hohlform 2 fixieren. Figur 8 zeigt eine schräg zur Längsachse der Hülseform 2 angeordnete Schräгнаht 15. Figur 9 zeigt eine symmetrisch zur Längsrichtung der Hohlform 2 angeordnete Wellennaht 17, die in Form einer Sinuswelle parallel zur Längsrichtung der Hülseform 2 angeordnet ist. Figur 10 zeigt eine parallel zur Längsrichtung der Hohlform 2 angeordnete Längsnaht 16. Figur 11 zeigt eine symmetrisch zur Längsachse der Hohlform 2 angeordnete Kreuznaht

30

18. Die Kreuznaht 18 ist in Form einer Zickzacklinie in Längsrichtung zur Hohlform 2 angeordnet. Vorzugsweise werden die Nähte 15,16,17,18 verschweißt.

- 5 Die Federrate der Hohlform 2 kann in weiten Grenzen durch folgende Parameter eingestellt werden:  
Innen- bzw. Außendurchmesser der Hülseform, Wandstärke, Werkstoff mit passendem Elastizitätsmodul, Anzahl der Ausnehmungen, Geometrie der Ausnehmungen (Bohrungen, Nuten, Spiralnuten, usw.), Anordnung der Ausnehmungen (horizontal, vertikal, schräg und bei Spiralnuten: Steigung, Gangzahl, Nutbreite usw.).

Die Ausnehmungen werden beispielsweise durch Bohren, Stanzen, 15 Fräsen, Erodieren, oder elektrochemische Verfahren eingebracht.

Figur 12 zeigt eine Montageanordnung, mit der ein piezoelektrischer Aktor 1 in eine hülsenförmige Hohlform 2 mit genau 20 definierter Kraft eingebaut wird. Dazu wird ein Ende der Hohlform 2 mit einer oberen Abdeckplatte 3 mit Durchführungen 7 form- und/oder kraftschlüssig verbunden. Die Hohlform 2 weist am anderen Ende eine radial nach Außen gerichtete Auflagekante 24 auf. Die Hohlform 2 wird mit der oberen Abdeckplatte 3 voraus in eine Montagevorrichtung 20 eingelegt. 25 Die Montagevorrichtung 20 weist eine Montageausnehmung 21 auf, die den Querschnitt der Hohlform 2 in der Weise angepaßt ist, daß die Hohlform 2 in die Montageausnehmung 21 eingeschoben werden kann und die Auflagekante 24 im Auflagebereich 27 der 30 Montagevorrichtung 20 aufliegt. Anschließend wird ein piezo-

elektrischer Aktor 1 mit Kontaktstiften 6 voraus in die Hohlform 2 eingelegt. Daraufhin wird in die Hohlform 2 eine untere Abdeckplatte 4 eingelegt und mit einem Stempel 22 von einer Montageeinrichtung 23 mit einer definierten Kraft in die Hohlform 2 gedrückt, wodurch sich die Hohlform 2 elastisch verlängert.

Die definierte Kraft entspricht der gewünschten Vorspannung des piezoelektrischen Aktors 1. Unter Beibehaltung der Kraft wird anschließend die untere Abdeckplatte 4 mit der Hohlform 2 kraft- und/oder formschlüssig verbunden, vorzugsweise verschweißt. Auf diese Weise ist die Vorspannung des piezoelektrischen Aktors 1 fixiert.

Figur 13 zeigt eine zweite Variante der Montageanordnung. Im Gegensatz zu der Anordnung in Figur 12 bleibt die Hohlform 2 während der Montage unbelastet und die abgeknickte Auflagekante 27, die in Figur 12 dargestellt ist, kann entfallen. Dazu wird ein Ende der Hohlform mit der oberen Abdeckplatte 3 mit Durchführungen 7 form- und/oder kraftschlüssig verbunden, der piezoelektrische Aktor 1 in die Hohlform 2 eingeführt und gemäß Figur 13 mit den Kontaktstiften des piezoelektrischen Aktors 1 in die dafür vorgesehenen Vertiefungen der Bodenplatte 19 eingelegt. Die untere Abdeckplatte 4 wird nun auf den Aktor 1 aufgelegt, über einen Stempel 22 der Montagevorrichtung 20 in die Hohlform hineingepresst und anschließend mit dieser form- und/oder kraftschlüssig verbunden, vorzugsweise verschweißt. Die Einpreßkraft staucht nur den piezoelektrischen Aktor 1 und die Abdeckplatten 3,4. Nach dem Entlasten der Montagevorrichtung 20 dehnt sich der Aktor 1 aus

und spannt dabei die Hohlform 2. Die Einpreßkraft muß unter Berücksichtigung der Steifigkeiten von Aktor 1 und Hohlform 2 so berechnet werden, daß sich nach der Entlastung des Systems eine definierte Vorspannkraft einstellt.

5

Die fertigungstechnisch bedingten Längentoleranzen des piezoelektrischen Aktors 1 können vorzugsweise durch ein Abschleifen der unteren Abdeckplatte 4 ausgeglichen werden. Desweiteren kann durch das Abschleifen eine evtl. vorhandene Parallelitätsabweichung der Endflächen des Piezoaktors 1 korrigiert werden. Dazu ist die untere Abdeckplatte 4 in einem entsprechenden Winkel abzuschleifen.

10

## Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Aktor (1), der in einen Hohlkörper (2) eingeschoben ist, wobei der Hohlkörper (2) elastisch ausgebildet ist und den Aktor (1) vorspannt,  
5        **dadurch gekennzeichnet,**  
- daß der Hohlkörper (2) mit dem oberen Ende und mit dem unteren Ende des Aktors (1) kraft- und/oder formschlüssig verbunden ist und mit dem piezoelektrischen Aktor (1) eine  
10        Baueinheit bildet.
2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (1) in Ausdehnungsrichtung zwischen einer oberen und einer unteren Abdeckplatte (3,4) eingebracht  
15        ist, die mit der Hohlform (2) kraft- und/oder formschlüssig verbunden sind.
3. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkörper (2) über eine Schweißverbindung  
20        oder über eine Bördelung mit der oberen und der unteren Abdeckplatte (3,4) verbunden ist.
4. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkörper (2) mindestens eine Verbindungs-  
25        naht (15,16,17,18) aufweist, die zwei Stoßkanten des Hohlkörpers miteinander verbindet, und die sich über die gesamte Länge des Hohlkörpers (2) erstreckt.
5. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkörper (2) zwei Stoßkanten aufweist,  
30

die einander zugeordnet sind und die in Längsrichtung des Hohlkörpers (2) angeordnet sind, wobei die Stoßkanten nicht miteinander verbunden sind.

5 6. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkörper (2) Ausnehmungen (10,11,12,13,14) aufweist, die die Elastizität des Hohlkörpers (2) mindestens teilweise festlegen.

10 7. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkörper (2) aus mindestens einer Platte gefertigt ist, die zu einem Hohlkörper geformt ist und anschließend über mindestens eine Verbindungsnaht (15,16,17,18) fixiert ist.

15

8. Verfahren zum Herstellen einer Baueinheit mit einem vorgespannten piezoelektrischen Aktor (1) mit folgenden Schritten:

- a) der Aktor (1) wird in einen Hohlkörper (2) eingeschoben,
- b) der Aktor (1) wird mit dem eingeschobenen Ende mit dem
- 20 Hohlkörper kraft- oder formschlüssig verbunden,
- c) der Aktor (1) wird mit einer definierten Kraft in den Hohlkörper (2) gedrückt,
- d) der Aktor (1) wird im Bereich des hinteren Endes mit dem Hohlkörper (2) kraft- oder formschlüssig verbunden.

25

9. Verfahren nach Anspruch 8 mit folgenden Schritten:

- ein offenes Ende des Hohlkörpers (2) wird vor dem Einbringen des Aktors (1) mit einer ersten Abdeckplatte (3) kraft- oder formschlüssig verbunden und so das offene Ende ver-
- 30 schlossen,

14

- auf den eingeschobenen Aktor (1) wird eine zweite Abdeckplatte (4) gelegt und mit einer vorgebbaren Kraft in den Hohlkörper (2) gedrückt,

5 - die zweite Abdeckplatte (4) wird unter Beibehaltung der Kraft mit dem Hohlkörper (2) kraft- oder formschlüssig verbunden, so daß der Aktor (1) dauerhaft durch die Hohlform (2) vorgespannt ist.

10 10. Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörper (2), der zum Vorspannen eines piezoelektrischen Aktors (1) verwendet wird, mit folgenden Schritten:

a) es wird eine Platte definierter Fläche hergestellt,

b) in die Platte werden Ausnehmungen (10,11,12,13) eingebracht, die die Elastizität der Platte beeinflussen,

15 c) die Platte wird zu einem Hohlkörper (2) geformt und

d) die geformte Platte wird in der Form fixiert.

20 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens teilweise der Rand, der die Ausnehmung begrenzt, verdichtet wird.



1/6

FIG 1

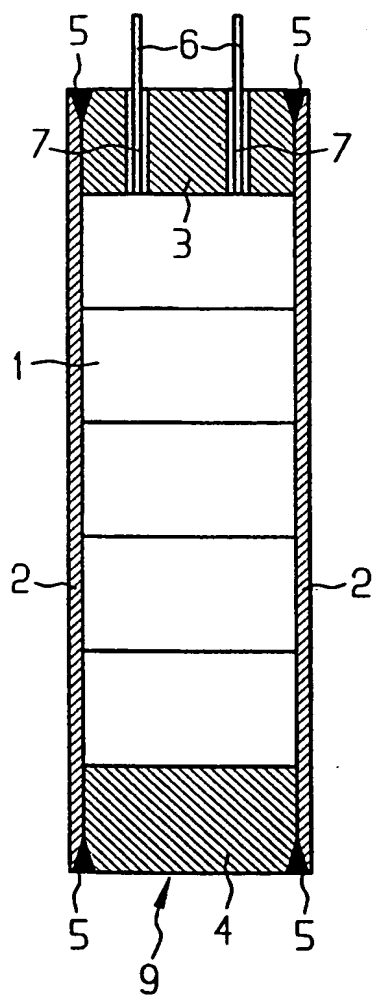
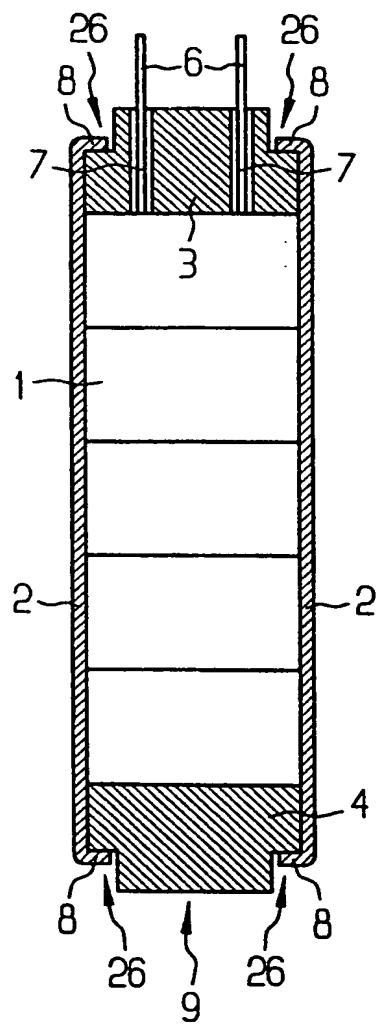


FIG 2



2/6

FIG 3

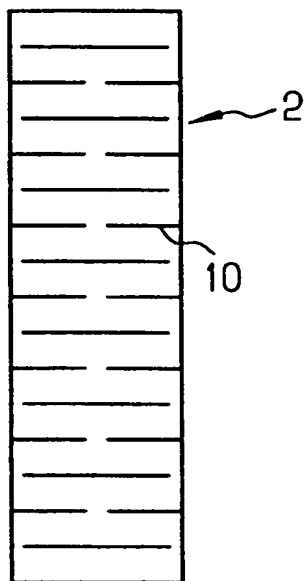


FIG 5

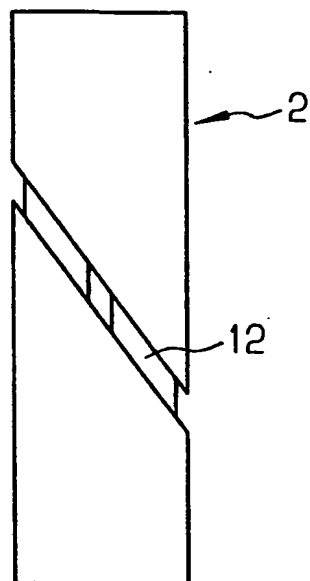


FIG 4

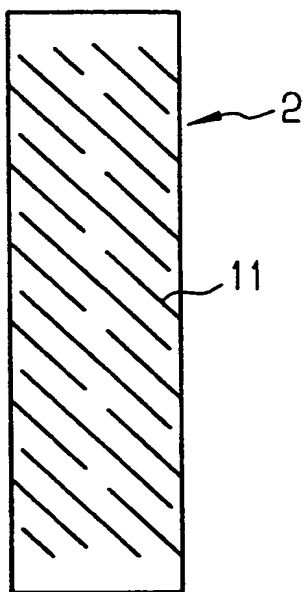
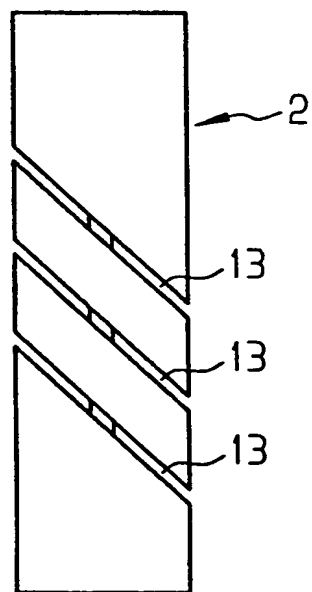
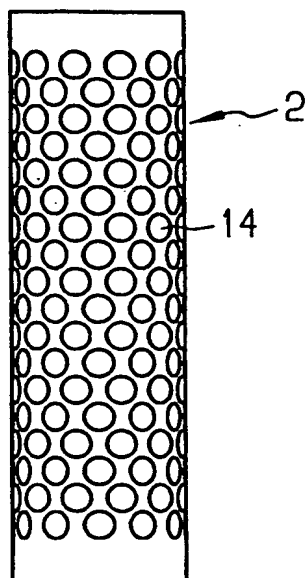


FIG 6



3/6

FIG 7



4/6

FIG 8

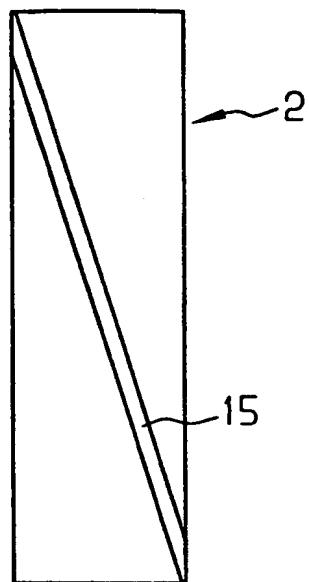


FIG 10

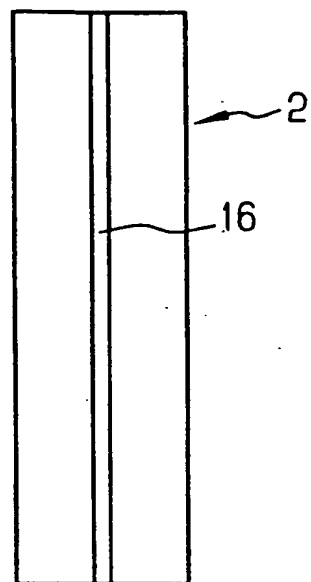


FIG 9

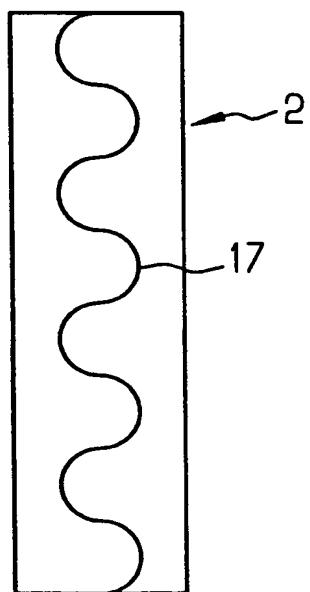
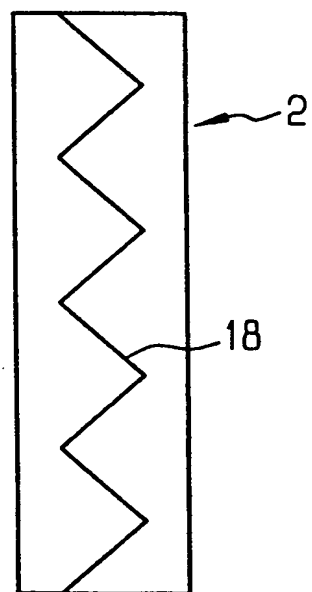
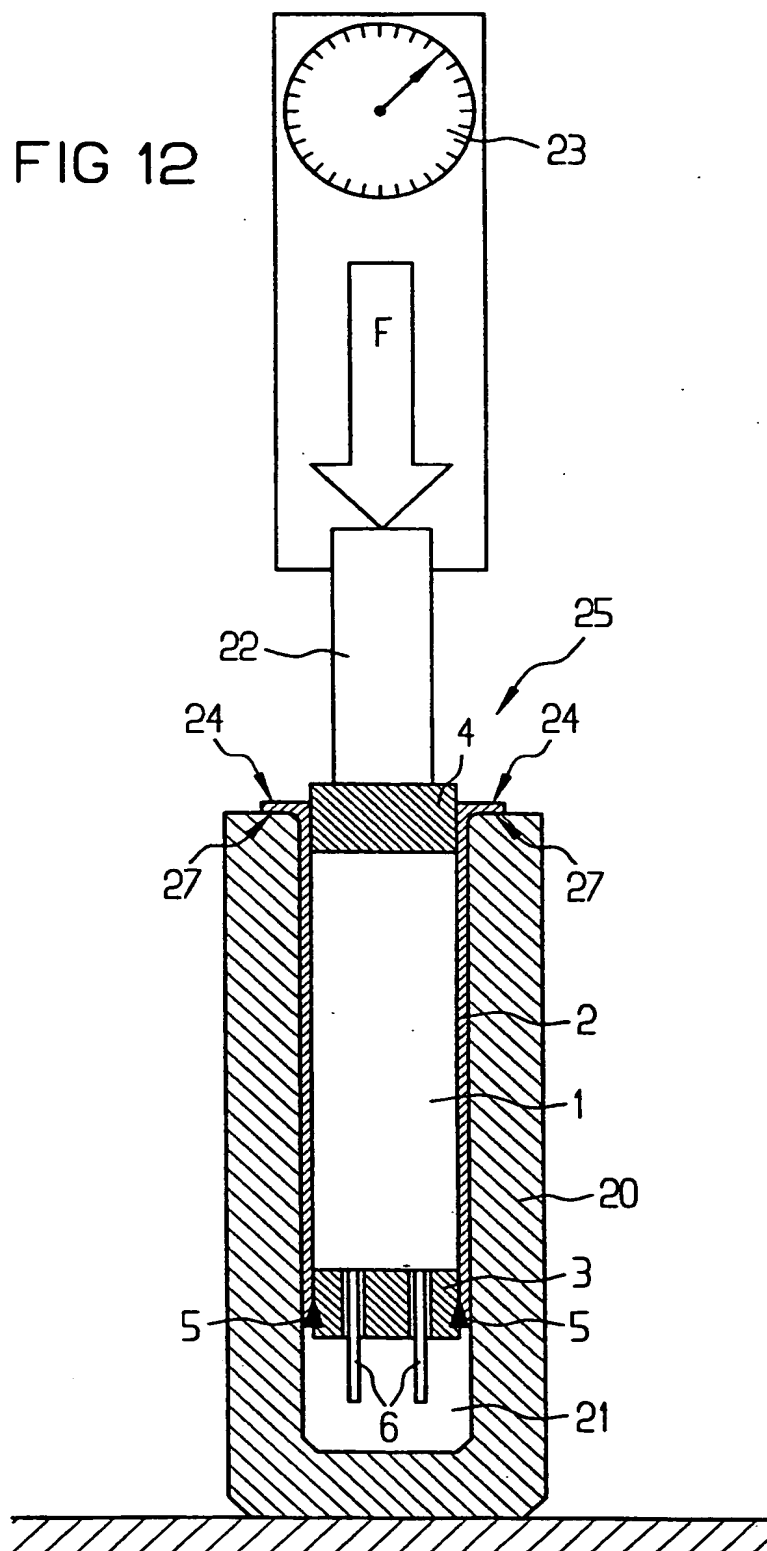


FIG 11

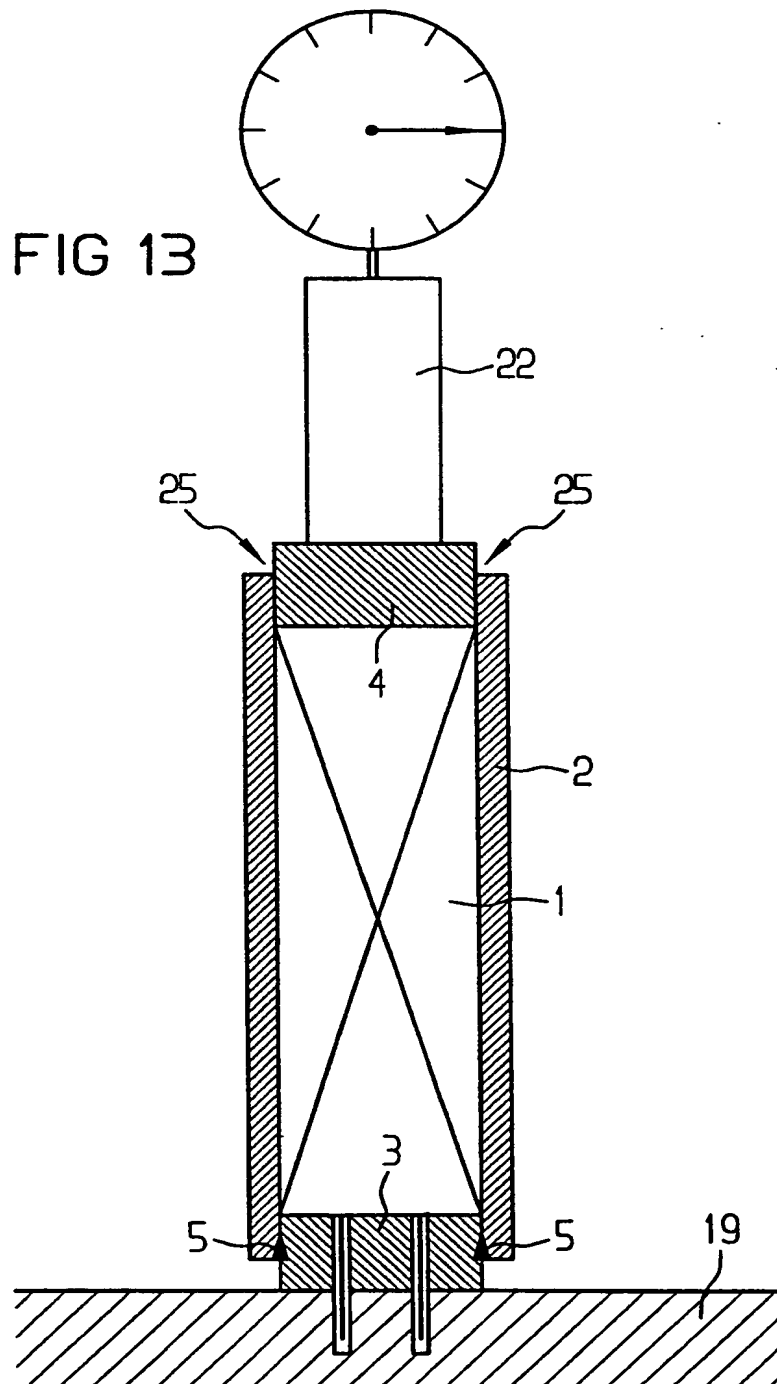


5/6

FIG 12



6/6



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02061

**A. KLASSTFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 H01L41/053 H01L41/083

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 460 842 A (WAANDERS JAN W ET AL) 17. Juli 1984 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Dezember 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/12/1998

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pelsers, L

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02061

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4460842 A	17-07-1984	NL 8105502 A	01-07-1983
		DE 3244526 A	21-07-1983
		FR 2517889 A	10-06-1983
		GB 2113460 A,B	03-08-1983
		JP 58106881 A	25-06-1983
		SE 453339 B	25-01-1988
		SE 8206951 A	09-06-1983
<hr/>			



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intel onal Application No

PCT/DE 98/02061

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 H01L41/053 H01L41/083

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 460 842 A (WAANDERS JAN W ET AL) 17 July 1984 see abstract; figures 1,2 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

**Special categories of cited documents:**

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 December 1998

Date of mailing of the international search report

14/12/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pelsters, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/02061

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4460842 A	17-07-1984	NL 8105502 A	01-07-1983
		DE 3244526 A	21-07-1983
		FR 2517889 A	10-06-1983
		GB 2113460 A, B	03-08-1983
		JP 58106881 A	25-06-1983
		SE 453339 B	25-01-1988
		SE 8206951 A	09-06-1983

Docket # S3-D3P12931

Applic. #

Applicant: Bernd Dollgast et al.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101